Aus dem pharmakologischen Institut Würzburg.

Kritisch-experimenteller Beitrag

zur

Lehre von der Absorption und Respiration der tierischen und menschlichen Haut.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

der medizinischen Fakultät

der Kgl. Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt

von

Max Frhr. v. Schertel

cand. med.

aus Dürrenhardt.

Tübingen.

Verlag von Franz Pietzcker.

1900.

Aus dem pharmakologischen Institut Würzburg.

Kritisch-experimenteller Beitrag

zur

Lehre von der Absorption und Respiration der tierischen und menschlichen Haut.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

der medizinischen Fakultät

der Kgl. Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt

von

Max Frhr. v. Schertel

cand. med.

aus Dürrenhardt.

Tübingen.

Verlag von Franz Pietzcker.

1900.

Referent:

Herr Professor Dr Kunkel.

Druck von Otto Riecker's Buchdruckerei in Tübingen.

Es giebt wenige Gebiete der Physiologie, worüber die Ansichten noch so geteilt sind, wie über die Funktion der Haut, der Perspiratio insensibilis, der sogenannten Hautatmung. Dabei hat es nicht an Forschern gefehlt, die die Ausscheidungsprodukte der Haut einerseits zum Gegenstand physiologischer und chemischer Untersuchung gemacht haben, andererseits untersucht haben, inwieweit die äussere Haut für den Körper eine schützende Hülle bildet, d. h., ob die Haut Gase, insbesondere giftige, die den Körper umgeben, durchlässt, so dass sie ins Blut gelangen und hier ihre Wirkung zur Geltung bringen.

Was das erstere anbelangt, so handelte es sich hauptsächlich darum, in chemischer Beziehung zu untersuchen, welcher Natur die Hautausdünstung ist. Obgleich es doch überaus wahrscheinlich ist, dass der Hautdunst ebenso, wie alle andern tierischen Secrete, Kohlensäure enthält, so gab es trotzdem Männer, die dies leugneten. Es seien hier nur Namen, wie Priestley, Klapp, Woodhouse und Gordon genannt.

Dank der Untersuchungen von Milly († 1784), Jurine, Cruikshauk, Abernethy u. a. wurde aber bewiesen, dass »stets gewisse Mengen Kohlensäure von der Haut ausgeschieden werden«. — Beiläufig sei erwähnt, dass Ingen-Hous (1730—1799), Spallanzani, Abernethy, Barruel und Collard de Martigny behaupteten, dass auch Stickstoff von der Haut ausgeschieden werde, während Anselmino Ammoniak und Collard de Martigny selbst Wasserstoff im Hautdunst gefunden haben will.

Bis zum Jahre 1795 war eine quantitative Bestimmung der von der Haut ausgeschiedenen Kohlensäure nicht gemacht worden. Hier war es Abernethy [1]), der den ersten Versuch hiezu machte.

Er berichtet: »So genau, wie es mir möglich gewesen ist, zu bestimmen, glaube ich, dass die luftförmige Perspiration aus mehr als zwei Drittel Kohlenstoffgas und das übrige aus Salpeterstoffgas besteht.« — Er fand, dass in 24 Stunden von der ganzen Körperoberfläche etwa 14 Gramm Kohlensäure ausgeschieden werden, während Milly das Dreissigfache schätzte.

Dass die Kohlensäure-Ausscheidungsmenge der menschlichen Haut veränderlich ist und z. B. durch Bewegung beeinflusst wird, war Abernethy klar. Derselbe ist jedoch zu einer Anschauung gekommen, deren Richtigkeit längst nicht mehr anerkannt wird, nämlich, dass angestrengte Körperbewegung einen vermindernden Einfluss auf die Kohlensäureperspiration übe.

Ob allerdings die Kohlensäuremenge nicht wieder abnimmt, sobald ein gewisser Grad von Anstrengung erreicht ist, auf den Collaps folgt, steht auch heute noch nicht fest.

48 Jahre nach diesem ersten wissenschaftlich in Betracht kommenden Versuche machte Scharling [2]) diesbezügliche Untersuchungen und zwar sämtliche am Menschen. Er umgab das Haupt eines in einem hölzernen, luftdicht schliessenden Kasten befindlichen Menschen mit einer Kautschukmaske und führte die Atemgase durch eine Röhre ins Freie, welche mit der Maske in Verbindung stand, während die von der Haut perspirierten Gase sich in dem Kasten sammelten. Die Luft des Kastenraumes wurde vor und nach dem Versuch, der je eine Stunde dauerte, eudiometrisch bestimmt.

---

[1]) Joh. Abernethy's chirurgische und physiologische Versuche. Uebersetzt von Brandis. 1795.

[2]) Annales de pharmacie. 1843. Febr.

Seine Resultate sind:

Versuchsperson.	Alter in Jahren.	Körpergewicht in Kgr.	Ausgeschiedener Kohlenstoff in Gramm	
			durch die Haut und Lungen in je 1 Stde.	durch die Haut in je 1 Stde.
Knabe	$9^3/_4$	22,0	20,338	0,181
Jüngling	16	57,95	34,280	0,181
Mann	28	82,0	36,623	0,373
Mädchen	10	23,0	19,162	0,124
Frau	19	—	—	0,272

Diese Versuche ergeben, dass die die Haut in einer Stunde verlassende Kohlensäuremenge, diese fünf Versuchspersonen untereinander verglichen, schwankt zwischen 0,124 und 0,373 Gramm Kohlenstoff, somit die Gesamtmenge Kohlensäure, auf 24 Stunden berechnet, zwischen 23 und 32 Gramm.

Dass Scharling bei Anwendung jedesmal gleicher Untersuchungsmethode bei jeder Versuchsperson zu einem andern Resultat kam, dürfte ein Beweis dafür sein, dass es nicht zulässig ist, einen allgemeinen bestimmten Wert für die Kohlensäureausscheidung der menschlichen Haut zu geben, da, wie aus den Versuchen direkt hervorgeht, die einzelnen Menschen sehr verschiedene Werte liefern. Sie thun das nicht nur im Vergleich zu andern Personen, sondern auch, wie heutzutage zweifellos nachgewiesen, bei veränderten Verhältnissen im Vergleich zur eigenen Person.

Bei genauerer Betrachtung der Scharling'schen Resultate aus dem Jahre 1843 ergiebt sich allerdings, dass die Hautkohlensäure mit dem zunehmenden Körpergewicht und dem Alter der Versuchsperson steigt, dass sie grösser ist beim Erwachsenen, als bei dem Kind, grösser beim männlichen Geschlecht unter sonst gleichen Umständen.

Rechnen wir selbst die Ergebnisse von Andral und Gavarret, die an 70 Personen verschiedenen Alters und Geschlechts experimentierten, hinzu, so dürfte die Statistik doch

immer noch zu ungenügend sein, um obiges Ergebnis fest zu beweisen.

Sollte es wirklich der Fall sein, dass das männliche Geschlecht mehr Hautkohlensäure liefert, als das weibliche, so wäre daran zu denken, ob dies nicht mit der Thatsache in Verbindung steht, dass die Zahl der roten Blutkörperchen des Mannes sich zu denen des Weibs — im gleichen Volumen — wie 10 : 9 verhält.

Vergleichen wir in obiger Tabelle Versuch 1 und 2, so fällt uns auf, dass die Hautkohlensäuremenge des Knaben denselben Wert erreicht, wie die des Jünglings, obgleich die Ausscheidung des ersteren an Kohlensäure durch Lungen und Haut nicht viel mehr als die Hälfte des letzteren beträgt. Eine Erklärung hiefür dürfte darin zu suchen sein, dass der betreffende Knabe erstens überhaupt relativ mehr Hautkohlensäure zu liefern imstande war, zweitens aber eine verhältnismässig grössere Körperoberfläche hatte, wie ja die relative Körperoberfläche eines Individuums mit zunehmender Grösse abnimmt.

Im übrigen hält Scharling selbst für möglich, dass seine schon in technischer Beziehung unsichere Methode Ungenauigkeiten verursacht hat und zwar in dem Sinne, dass seine Kohlensäurewerte auffallend hoch sind. Die dunstförmige Wasserabgabe liess Scharling unberücksichtigt.

Waren bisher alle Methoden, nach denen die Hautdunst-Untersuchungen gemacht wurden, unvollkommen, mit vielen Fehlern behaftet, so hatte die Methode von Regnault und Reiset [1]), die im Jahre 1849 ihre Tierversuche veröffentlicht haben, den grossen Vorzug, dass sie zu verhindern suchte, die Hautausscheidung in Verhältnissen zu untersuchen, wie sie nicht den normalen entsprechen. Sie modifizierten das Verfahren von Lavoisier und Séguin dadurch, dass sie

[1]) Annales de Chimie et Physique. Troisième Série, Tome XXVI 1849: Regnault et Reiset: Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes.

den Luftraum, in dem der ganze Körper des Versuchsobjekts mit Ausnahme des Kopfes sich befand, durch einen beständigen Luftstrom ventilierten.

Bevor die Luft in den Raum, einen Kautschukmantel, kam, strich sie durch Bimsteinstücke, die mit Kalilauge befeuchtet waren; die heraustretende Luft strich anfangs durch Schwefelsäure, sodann durch Kalilauge und schliesslich wieder durch Schwefelsäure. Die gefundene Kohlensäuremenge verglichen sie mit der Gesamtmenge, die in früheren Versuchen von Haut und Lunge zugleich abgesondert worden war. — In zwei achtstündigen Versuchen lieferte ein Kaninchen 0,358 und 0,197 Gramm Kohlensäure durch die Haut an den Luftstrom ab. In gleicher Zeit hatte die Gesamtperspiration gemäss früherer Versuche 20,63 und 19,38 Gramm Kohlensäure geliefert. Bei einem Hunde betrug die Hautperspiration einmal 0,136, ein andermal 0,176 Gramm Kohlensäure, während die Gesamtperspiration in früheren Versuchen 39,15 und 42,15 Gramm geliefert hatte. Wurde die Luft im Kautschuksack nicht erneuert, so fanden sie Regnault und Reiset nach acht Stunden nur unbedeutend verändert. Ihre Zusammensetzung betrug beim Kaninchen 0,36 CO_2, 20,55 O, 79,09 N, beim Hunde 0,29 CO_2, 20,67 O, 79,04 N.

Möglicherweise hat in diesem Falle eine Gasdiffusion durch die Umhüllung die an und für sich nicht sehr bedeutenden Veränderungen des abgeschlossenen Luftraumes ausgeglichen.

Einen bedeutenden Grad von Zuverlässigkeit verlieren die Regnault- und Reiset'schen Resultate leider dadurch, dass 1. die Versuche, durch die die Gesamtperspirationsgrösse an Kohlensäure gefunden wurde, nicht zu gleicher Zeit gemacht wurden, wie die andern, 2. möglicherweise die unnatürliche Ruhe, zu der die Tiere gezwungen waren, einen Einfluss auf das Resultat hatte, 3. die etwaige Ausscheidung von Darmgasen die Versuche verdarb.

Immerhin sind diese ein interessanter Beitrag zur Lehre von der »Hautatmung«, zumal Regnault und Reiset nach-

gewiesen haben wollen, dass von Seiten der Haut eine Sauerstoffaufnahme stattfinde und zwar dem Volumen der ausgeschiedenen Kohlensäure gleich.

Während bis zum Jahre 1851 fast sämtliche Forscher ihr Hauptaugenmerk auf die Ausscheidungsprodukte der Haut gerichtet hatten, hat sich Gerlach [1]) auch mit der Aufnahme von Sauerstoff durch die Haut, mit dem »Hautatmen« eingehender beschäftigt.

Dass die äussere Haut Luft, bezw. Sauerstoff inspiriere, ist eine sehr alte Annahme. So nahmen, was allerdings nur historisch interessant ist, die Aerzte des Altertums eine Art peripherischer Respiration an. Zum Beweis hiefür liess Galenus die letzten Verzweigungen der Arterien mit offenen Mündungen an der Peripherie endigen, wo bei der Systole alles Rauch- und Dunstförmige ausgestossen, bei der Diastole aber ein nicht geringer Anteil der uns umgebenden Luft aufgenommen worden sein soll. Des Weiteren sagt Galenus bezüglich dieser Frage, dass die insensible Perspiration zum Teil durch feine Poren — per exignos meatus — vermittelt werde. — Hippocrates und Theophrast unterscheiden die Perspiration von dem Schweisse. Malpighi erklärte die von ihm im Jahre 1664 beschriebenen Schweissporen als Quellen der insensiblen Perspiration.

Betrachten wir nun die Arbeit Gerlach's, so giebt derselbe gleich zu Anfang eine Definition seiner Ueberschrift: »Ueber das Hautatmen«. Dieselbe lautet: »Mit dieser Ueberschrift verbinde ich den Begriff von Aufnahme des Sauerstoffs aus der atmosphärischen Luft und von Abgabe der Kohlensäure an dieselbe auf der ganzen äusseren Hautfläche des Körpers.« — Durch seine Versuche, deren er zwei an sich selbst, sieben an Pferden und einen am Hund machte, sucht Gerlach darzulegen, dass »die Quantität Sauerstoff, welche von dem Blute aufgenommen wird, das in dem dichten

1) Gerlach: »Ueber das Hautatmen.» Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1851, p. 431 ff.

und engmaschigen Netze von Capillargefässen an der freien Oberfläche der Lederhaut strömt, den vollgiltigen Beweis für die Bedeutung der Haut als Atmungsorgan liefert.«

Des Weiteren führt Gerlach aus: »Das Atmen des Blutes beruht auf der grossen Verwandtschaft des Sauerstoffs zum Blute und dem Bestreben der Kohlensäure, von dem Blute, wenigstens zu einem gewissen Grade zu entweichen, und die Leichtigkeit, mit welcher die Kohlensäure aus dem Blute tritt, weist darauf hin, dass sie aufgelöst in demselben enthalten ist. Diese sich gegenüberstehenden Bestrebungen der beiden Gase machen das Atmen möglich und bedingen zugleich, dass jedes Organ, jeder blutführende Körperteil atmen kann und in Wirklichkeit atmet, sobald atmosphärische Luft auf normale oder abnorme Weise damit in Berührung kommt; diese Bestrebungen sind so gross, dass der Sauerstoff die Membranen der feinen Luftkanälchen wie der Capillargefässe durchdringt und selbst die Epidermis ihn nicht hindert, in das Capillarsystem der Haut, die dichtbehaarte Haut unserer Haustiere nicht ausgenommen, zu gelangen, und dass die Kohlensäure unaufhörlich auf demselben Wege das Blut verlässt.«

Die Methode Gerlach's bei seinen Versuchen war folgende:

Er schloss eine gewisse Quantität Luft auf einen bestimmten Flächenraum der Haut hermetisch von der atmosphärischen Luft ab und untersuchte dann auf dem Wege der Eudiometrie nach verschiedenen Zeitabschnitten diese Luft auf ihren Gehalt an Kohlensäure und Verlust an Sauerstoff, wobei auch zugleich auf das Vorhandensein von Ammoniak und kohlensaurem Ammoniak Rücksicht genommen wurde.

Sein Apparat bestand in einer gut ausgetrockneten Pferdeblase von bekanntem cubischen Inhalt. Dieselbe war lakiert und wurde mittelst eines besonderen Klebestoffs auf dem menschlichen, bezw. tierischen Körper befestigt.

Die Resultate, die Gerlach erhielt, zeigt folgende von ihm zusammengestellte Tabelle:

Versuchsobjekte.	1 □" Hautfläche hat in 24 Stunden		Die ganze Körperoberfläche (bei Pferden 50 □', bei Menschen zu 15 □' angen.) hat in 24 Stdn.		Verhältnis d. CO_2 — zum O im Hautatmen. Auf 100 C.C. absorbierten Sauerstoff kommen ausgehauchte CO_2:	Bemerkungen.
	CO_2 ausgehaucht:	O absorbiert:	CO_2 ausgehaucht:	O absorbiert:		
	Cubik-Centimeter					
Mensch	1,99	0,86	4288	1857	231	keine körperliche Bewegung.
„	2,21	1,75	4773	3780	128	eine Stunde gegangen.
Pferd	1,18	0,74	8517	5328	146	keine Bewegung.
„	2,13	0,61	15336	4392	349	
„	5,86	0,96	42192	6912	610	Bewegung.
„	1,29	0,40	9288	2232	322	keine Bewegung.
„	1,70	0,82	12240	5904	207	
„	(1,64	0,46	11808	3312)	356	Bewegung [1]
„	3,67	0,79			464	Haut entzündet.
Hund	1,15	0,26			442	keine Bewegung.

Diese Versuche würden, vorausgesetzt, dass sich nichts gegen dieselben einwenden lässt, zeigen, dass von der menschlichen und tierischen äusseren Haut stets Kohlensäure ausgeschieden und Sauerstoff aufgenommen wird, sowie dass die Sauerstoffaufnahme von der Kohlensäureabgabe sehr beträchtlich, selbst bis zum sechsfachen, übertroffen wird. Dass freies und kohlensaures Ammoniak zuweilen von der Haut ausgeschieden wird, will Gerlach ebenfalls konstatiert haben.

So einleuchtend nun alle diese Versuche auch sein mögen, so treffen sie doch Vorwürfe, die den Wert der ganzen Untersuchung in Frage stellen.

[1]) Die eingeklammerten Zahlen geben die Kohlensäure und den Sauerstoff nach $^3/_4$ stdl. Zeitraum an, während welcher Zeit das Pferd $^1/_2$ Stunde lang getrabt hat.

Der Hauptvorwurf, der seinem Verfahren zu machen ist, ist der, dass dasselbe es unterlassen hat, die Verhältnisse des »Hautatmens« unter normalen, nicht durch einen hermetischen Abschluss zweifellos bis zum Unphysiologischen veränderten Bedingungen zu untersuchen; denn die durch die Gas-Perspiration entstehende Aenderung in der Zusammensetzung der in dem abgeschlossenen Luftraum befindlichen Luft musste eine Aenderung in dem quantitativen Verhältnis der einzelnen Gasarten bedingen. Namentlich mussten sich die normalen Diffusionsbedingungen für den Wasserdampf schon sehr bald ändern, indem das verhältnismässig geringe Luftvolumen in der Blase sich immer mehr und mehr mit Wasser sättigte. Ob dem von der Haut etwa ausgeschiedenen Stickstoff eine Bedeutung bezüglich der von Gerlach gefundenen Sauerstoffverminderung zuzuschreiben ist, muss vor der Hand dahingestellt bleiben.

Ueber seine Experimente bezüglich der Absorptionsfähigkeit der Haut von andern Gasen später!

Litten bisher alle angewandten Respirationsapparate an mehr oder minder grossen Mängeln, so ist der im Anfang der sechziger Jahre von Pettenkofer konstruierte Apparat geradezu als vollkommen zu bezeichnen.

Seine Zusammensetzung ist folgende:

Ein aus Metallwänden gefertigtes, mit Thür und Fenster versehenes Zimmerchen besitzt in einer Seite eine Oeffnung für den Eintritt der Luft. Eine grosse, durch Dampf getriebene Doppel-Saugpumpe erneuert dieselbe ununterbrochen in dem Zimmerchen. Die Luft wird zunächst behufs Trocknens in ein Gefäss geleitet, angefüllt mit Bimsteinstücken, die mit Schwefelsäure getränkt sind; dann wird sie durch eine grosse Gasuhr geführt, welche die Gesamtmenge der gewechselten Luftmengen angiebt. Nachdem sie so gemessen, wird sie durch zwei Pumpen nach aussen entleert.

Aus dem aus dem Zimmerchen leitenden Hauptrohr, welches noch zur Beobachtung etwaiger innerer Druckschwankungen ein Quecksilbermanometer trägt, wird zur chemischen

Untersuchung ein kleiner Nebenstrom eingeleitet. Diesen treibt, durch dieselhe Dampfmaschine bewegt, ein nach dem Prinzip der Müller'schen Quecksilber-Ventile konstruierter kleiner Saugdruckapparat. Vor diesem streicht dieser Luftstrom durch einen mit Schwefelsäure gefüllten Kugelapparat, aus dessen Gewichtszunahme man die Menge des erhaltenen Wasserdampfes bestimmt. Hinter der Pumpvorrichtung wird der Luftstrom durch ein enges, mit Barytwasser gefülltes Rohr geleitet, welches die Kohlensäure aufnimmt. Die Menge der durch den kleinen Nebenstrom geleiteten Luft endlich misst eine kleine Gasuhr, aus der sie schliesslich nach aussen entweicht. Eine zweite Nebenleitung untersucht die Luft vor dem Eintritt in das Zimmerchen durch die völlig gleiche Anordnung, wie in der ersten Nebenleitung.

Sich stützend auf das Prinzip dieses Apparates machte C. Reinhard [1]) im Frühjahr 1867 durchweg eine Stunde dauernde Versuche. Er veröffentlichte sie in seiner »Beobachtungen über die Abgabe von Kohlensäure und Wasserdunst durch die Perspiratio cutanea« betitelten Schrift im Jahre 1869.

Seine Vorrichtung [2]) eignet sich nach seinen Darlegungen sehr gut zu kleinen Perspirationsversuchen. Sie gestattet ein vollständiges Sammeln und die genaue Analyse der Perspirationsgase, ohne dass die normalen Verhältnisse, unter denen die Perspiration für gewöhnlich stattfindet, im geringsten gestört oder geändert werden.

Die beiden ersten Versuche ergaben für den Arm ein Kohlensäureperspirationsgewicht — auf 24 Stunden berechnet — von 0,0012648 bezw. 0,001368 Gramm. Hieraus erhält Reinhard für die ganze Körperoberfläche im Mittel 2,23 Gramm Kohlensäure, wobei er die Oberfläche des Arms als den 17. Teil der Gesamtkörperoberfläche annimmt. Mit welchem Recht er vom Arm auf die Gesamtoberfläche schliesst, darüber später!

[1]) Zeitschrift für Biologie. V. Band 1869.

[2]) Es war der im Münchener physiolog. Institut von Voit aufgestellte Aspirationsapparat.

Reinhard erklärt sich seine gegenüber den Resultaten anderer geringe Gesamtkohlensäureperspirationsgrösse der Haut aus den äusseren Umständen, unter denen er untersuchte (niedrige Aussen-Temperatur, ruhiges Verhalten und dergl.).

Vermittelst desselben Apparates stellte Reinhard des weiteren Versuche über die Perspiration von Wasserdunst an und zwar hauptsächlich vergleichende.

Er setzte auf verschiedene Körperteile gleich grosse Becher, deren Durchmesser je 6 cm, deren Höhe je 2,3 cm und deren Volumen je 70 cbcm betrug. Durch seitlich angebrachte Oeffnungen liess er dem Volumen nach genau gemessene atmosphärische Luft über die betreffende Hautpartie hinwegströmen, analysierte diese auf ihren Wassergehalt und bestimmte ebenso das in der hintergelegten Schwefelsäureröhre aufgefangene Wasser. Durch Subtraction des letzt erhaltenen Wertes von dem erst erhaltenen erhielt er die wirkliche Perspirationsgrösse an Wasserdunst.

Das Resultat seiner »Hauptversuche« legte er in folgender Tabelle nieder:

Versuch.	Namen der Hautbezirke.	Aspirierte Luft in L.	Gewichtszunahme der Schwefelsäure.	Wassergehalt in 100 L. Aussenluft.	Wassergehalt der Aussenluft in dem aspirierten Luftraum.	Reingewicht des perspirierten Wasserdunstes.
1.	Rechte Wange	9,99	0,1006		0,0631	0,0375
	Linke Wange	7,71	0,0816		0,0487	0,0329
	L. Vorderarm	9,67	0,0749		0,0611	0,0138
	Aussenluft	9,67	0,611	0,63		
2.	Linke Wange	4,77	0,0655		0,0365	0,0290
	Mitte der Stirn	4,89	0,0637		0,0385	0,0279
	Linke Scapula	5,28	0,0579		0,0394	0,0185
	Aussenluft	4,87	0,0364	0,75		
3.	Volarfl. d. r. Hand	5,04	0,0604		0,0442	0,0162
	R. Vorderarm	4,77	0,0496		0,0418	0,0078
	L. Infracl.-Ggd.	5,07	0,0523		0,0445	0,0078
	Aussenluft	5,58	0,0490	0,88		
4.	Linke Wange	6,98	0,1056		0,0685	0,0372
	R. Vorderarm	8,98	0,1094		0,0885	0,0209
	Aussenluft	8,83	0,0866	0,98		

Hieraus ergiebt sich, dass die Wasserausscheidung nicht auf allen Hautbezirken eine gleich grosse ist, sondern dass sich ungefähr folgende Abstufung zeigt: Wange 100, Stirn 96, Volarfläche der Hand 90, Scapula 64, Infraclaviculargegend 45, Vorderarm 45.

Bevor wir uns darüber Aufschluss geben, wie sich Reinhard diese Unterschiede erklärt, wollen wir seine Ansicht über die »Quellen, welche das Material der Hautausscheidung liefern«, hören. Er sagt: »Es sind deren zwei zu nennen, erstens die Drüsen der Haut, vorzüglich die Schweissdrüsen, zweitens die wasserreichen Zellen der Epidermis, die in der Tiefe mit dem oberflächlichen Gefässnetz des Coriums im osmotischen Verkehr stehen und von dorther die notwendigen Elemente für ihr Wachstum und die Verdunstung erhalten. — — —. Die Verwandlung des Schweisses in Wasserdampf geschieht unter wesentlicher Mitwirkung der Epidermis (nämlich auf dem Wege der Imbibition). Diese Beteiligung ist namentlich dort, wo ihre Schichten eine grössere Mächtigkeit besitzen, wie dies an der Handfläcde und der Fusssohle der Fall ist, bedeutend.

Im Gegensatz hiezu versucht Reinhard den Umstand, dass nach seinen Versuchen die Wange, trotz des geringen Gehalts an Schweissdrüsen [1]), am meisten Wasserdunst aus-

[1]) Nach den Untersuchungen von Krause sen. kommen auf 1 □ " Haut:

an der Stirn	1258	Schweissdrüsen,
„ den Wangen	548	„
„ dem Hals u. Vorder- u. Seitenfl.	1303	„
„ Brust und Bauch	1136	„
„ Nacken, Rücken und Gesäss	417	„
„ dem Vorderarm, innere Seite	1123	„
„ „ „ äussere Seite	1093	„
„ Handrücken	1490	„
„ Oberschenkel, innere Seite	576	„
„ „ äussere Seite	554	„
„ Unterschenkel, innere Seite	576	„
„ Fusssohle	2685	„
„ Fussrücken	924	„

scheidet, daraus zu erklären, dass hier reichlich Talgdrüsen vorhanden sind und an dieser Stelle die Epidermis am dünnsten ist, daher der Diffusion den geringsten Widerstand entgegensetze, wenn er auch zugiebt, dass wir annehmen müssen, dass im allgemeinen mit dem Grade der Verdünnung auch die Dichtigkeit des Gewebes zunimmt, einerseits durch eine festere Verbindung der Epidermiszellen unter einander, andererseits durch eine Veränderung der Zellmembran und des Zelleninhalts.

Auf Grund von Untersuchungen, die Reinhard darüber anstellte, ob die Epidermis tropfbar flüssiges Wasser auf dem Wege der Osmose oder Filtration, wie dies bei andern Geweben der Fall ist, von den Capillargefässen der Cutis aus an die Oberfläche hindurchtreten lasse, kam er zu dem Resultat, dass selbst unter verstärktem Druck eine Filtration von Wasser durch die Epidermis nicht stattfindet.

Nach diesen Ueberlegungen kommt Reinhard zu der Schlussfolgerung, dass als perspirationsbefördernde Momente grosser Reichtum an Poren, grosse Dünnheit der Epidermis, sowie ein dichtes Netz von Blutcapillaren, als perspirationsmindernd Armut an Poren und Blutcapillaren, sowie die Fettschicht, die über der Epidermis liegt, zu nennen sind.

Zum Schlusse seiner Abhandlung kommt Reinhard auf den therapeutischen Vorteil zu sprechen, den man unter Umständen aus diesen Versuchen ziehen kann. Er giebt an, dass zu den inneren auf die Perspiration wirkenden Einflüssen zu zählen sind: Nahrung und Getränke, Ruhe und Bewegung, Schlaf und Wachen, ferner Circulation und Innervation, Krankheiten und Arzneimittel; zu den äusseren

Dies würde für sämtliche Drüsenmündungen, als mittleren Durchmesser eines Schweissdrüsenausführungsgangs $^1/_{82}$—$^1/_{65}$ Linien angenommen, eine Oberfläche von annähernd 40 000 □ " ausmachen. Hieraus, wie es Krause gethan hat, den Schluss zu ziehen, dass, in Anbetracht dieser verhältnismässig kleinen Verdunstungsfläche, auch die drüsenlose Epidermis sich an der Wasserausscheidung beteilige, ist aus vielen Gründen kaum berechtigt.

namentlich Luftdruck, Temperatur, Wassergehalt und Bewegung der Luft.

Drei Jahre nach der Veröffentlichung dieser Abhandlung erschien eine Schrift A. Roehrig's [1]: »Die Physiologie der Hautatmung, experimentell und kritisch beleuchtet«.

Dieselbe beginnt mit den Worten: »Nachdem einmal der Atmungsprozess in den Lungen und der dort stattfindende Gaswechsel auf die natürlichen Diffusionsbedingungen zurückgeführt war, wurde es wahrscheinlich, dass ein Verkehr der Blutgase mit denen in der Luft an allen mit Capillaren umsponnenen Membranen stattfinden müsse, welche mit der Atmosphäre in Berührung treten. Man fand bald ganz analoge Verhältnisse in den Tracheen und Kiemen, erwiess, dass auch der stets lufthaltige Darmkanal eine derartige Atmungsfläche darstelle (. . . .) und sah sich bald genötigt, auch die äusseren Hautbedeckungen zu den Respirationsorganen zu zählen, welche eine Art Hilfsorgan der Lungen repräsentieren».

Zu seinen Versuchen, die Roehrig an seiner ganzen oberen Extremität unter »mancherlei veränderten physiologischen Aussenverhältnissen« anstellte, richtete er sich einen Blechkasten ein, der 1 m lang und weit genug war, um den ganzen Arm bis zur Achselhöhle aufznehmen. Der »ganz luftdicht schliessende» Kasten war am oberen Ende mit einer dünnen Kautschukplatte verschlossen, welche in ihrer Mitte eine Oeffnung zum Einführen des Armes hatte, ohne so eng zu sein, dass Cirkulationsstörungen entstehen konnten. Die Stelle, bis zu welcher der Arm in den Kasten eingelassen werden sollte, wurde vermittelst eines Höllensteinstifts durch eine cirkuläre Marke bezeichnet.

Der Blechkasten hatte zunächst eine Oeffnung, welche einen Thermometer luftdicht aufnahm, und zwei weitere hohle zapfenförmige Ansätze, welche in Kautschukröhren ausliefen. Von diesen war eine bestimmt, einen atmosphärischen Luftstrom [2] in den »Atmungsraum« zu leiten, während die andere

[1] Goeschen's Deutsche Klinik. Nro. 23, 1872.

[2] Derselbe strich zuvor durch eine Kombination von Kaliapparaten.

die zu untersuchende Luft nach dem Apparate überzuführen hatte, welcher die gebildete Kohlensäure und das Wassergas aufnehmen sollte. Hiezu wurden sechs U-förmige, mit Glasperlen gefüllte Röhren benützt. Von diesen waren sowohl die beiden dem Aspirator, als auch die beiden dem »Atmungsraum« zunächst gelegenen mit reiner konzentrierter Schwefelsäure befeuchtet, während die beiden mittleren frisch bereitete, möglichst konzentrierte Kalilauge enthielten.

Die vorletzte, dem Aspirator zunächst gelegene Schwefelsäureröhre soll den Wasserdampf fixieren, der durch die trockene Luft dem Kali entzogen wird; die allerletzte, mit dem Aspiratorschlauch direkt kommunizierende Schwefelsäureröhre aber diente nur dazu, die Nachbarröhren dagegen zu schützen, dass Wasser aus dem Aspirator in sie gelangt. Sämtliche Röhren, mit Ausnahme dieser letzten, wurden vor und nach dem Versuch gewogen. Die Gewichtszunahme der beiden vorderen Röhren ergab das perspirierte Wasser, die drei nächsten zeigten das Gewicht für die ausgeschiedene Kohlensäure an. — Das Thermometer war in der Regel während einer zweistündigen Versuchsdauer um 0,8 – 1,0 ° C. gestiegen.

Bei seinen vier ersten Versuchen, die Roehrig bei einer Zimmertemperatur von 20 ° C., sowie bei gleicher Kastentemperatur früh morgens, bald nach dem ersten Frühstück anstellte, erhielt er folgendes Ergebnis:

Versuch.	Beobachtungsdauer.	CO_2 in g	H_2O in g
1.	2 Stunden	0,069	3,110
2.	2 „	0,061	3,052
3.	2 „	0,071	3,950
4.	1 Stunde	0,032	1,614

Der fünfte Versuch, bei einem sehr heftigen Katarrh der Nasen- und Luftwege angestellt, der einige Beschwerlichkeit im Atmen verursachte, ergab in einer Stunde eine Steigerung der durch Wägung konstatierten CO_2- und H_2O-

Ausscheidung um das doppelte der gewöhnlichen CO_2- und H_2O-Quantitäten.

Bei sonst gleichen Verhältnissen zeigte sich bald nach eingenommener Mahlzeit eine merkliche Steigerung der Oxydationsprodukte, nämlich:

Versuch.	Versuchsdauer.	CO_2 in g.	H_2O in g.
1.	2 Stunden	0,082	4,913
2.	2 „	0,084	4,065

Zieht man aus diesen beiden Tabellen das Mittel, so ergiebt (für den Arm) sich eine tägliche Kohlensäureausscheidung von 0,862 g; überträgt man dieses Resultat für die ganze Körperoberfläche — den Arm als den 17. Teil angenommen — so erhält man 14,654 g, wobei zu bemerken ist, dass Roehrig selbst es für unzulässig hält, von der Kohlensäureausscheidung einer einzelnen Hautstelle auf den ganzen Körper zu schliessen.

Bei einer Temperatur von 28—22,5 ° C., bezw. 10,5 bis 11,5 ° C. in dem Blechkasten beliefen sich die Werte für die Kohlensäure auf 0,048 bezw. 0,011, die für Wasser auf 2,95 bezw. 1,006.

Bei dieser augenfälligen Beeinflussung des »Hautgaswechsels« durch verschiedene Temperaturen lag es nahe, zu vermuten, dass auch andere starke Hautreize nicht ohne Wirkung auf die »Atmung des Hautorgans« bleiben dürften. Um dies nachzuweisen, frottierte Roehrig vor dem ersten Versuche die Haut des ganzen Armes sehr stark. Im zweiten Fall applizierte er während des Versuches die Elektrizität; im dritten rieb er die ganze Extremität zehn Minuten vorher stark mit Senfspiritus ein und endlich untersuchte er die Einwirkung des bei 36 ° C. eine halbe Stunde dauernden Warmwasserbades auf die Perspiration.

Sämtliche Versuche dauerten eine Stunde und ergaben folgendes Resultat:

	CO_2 in g.	H_2O in g.
Frottieren	0,039	1,991
Elektrizität . . .	0,052	2,005
Senfspiritus . . .	0,061	3,040
Warmwasserbad . .	0,069	3,955 [1])

Für die Grösse des »Gaswechsels« ist nach Roehrig's Ansicht wesentlich massgebend »der Blutreichtum der Respirationsfläche d. h. das Mengenverhältnis des die Capillaren in der Zeiteinheit durchströmenden Blutes.« — »Der Blutreichtum der Haut ist in erster Reihe abhängig von dem Lumen der Hautcapillaren und zweitens von dem Kontraktionszustand der Hautmuskulatur, drittens von der Energie der Herzaktion.« — Endlich richtet sich der »Gaswechsel» »nach der Grösse der respirierenden Hautfläche,« sowie nach dem individuellen Blutreichtum des Versuchsobjekts und für eine eventuelle Sauerstoffaufnahme auch nach dem Reichtum des Blutes an respirierenden Formelementen.«

Was die vielbesprochene Bedeutung der Haut als Absorptionsorgan im physiologischen Sinn anbelangt, so hält Roehrig dieselbe für mindestens sehr unbedeutend, da die Ausscheidung des Gases und der Wasserdämpfe sicherlich am meisten durch die Thätigkeit der Schweissdrüsen bewirkt werde, welche unmöglich dieselbe Energie der Funktion in entgegengesetzter Richtung entwickeln können und weiter stehen die Blutgase und der Wasserdampf bekanntlich unter dem hohen Blutdruck, welcher ihre Durchgangsfähigkeit durch die dichte Epidermis erheblich begünstigt, während dieselbe

[1]) Hiezu bemerkt Roehrig: »Das hohe Resultat der Wasserausscheidung nach dem Wasserbad dürfte wohl zum Teil von einer nachträglichen Verdunstung aus der im Bade stets etwas aufquellenden obersten Epidermisschicht herrühren, wo trotz sorgfältigsten Trocknens stets geringe Wassermenge zurückzubleiben scheinen.«

in der umgekehrten Richtung einen viel mächtigeren Widerstand leisten muss.«

Seine Resultate fasst Roehrig in folgenden sieben Thesen zusammen:

1. »Es ist unzweifelhaft, dass Kohlensäure und Wasser, die vorzugsweise in Betracht kommenden Endprodukte des Oxydationsprozesses im Körper, ununterbrochen durch die Haut ausgeschieden werden.

2. Ihre Mengenverhältnisse sind erheblichen Schwankungen unterworfen unter verschiedenen äusseren und im Körper selbst gelegenen Bedingungen.

3. Die Quantität ihrer Ausscheidungen scheint gewisse Tagesschwankungen zuzulassen; sie steigert sich während der Verdauung und nimmt wahrscheinlich ab im nüchternen Zustande.

4. Sie nimmt zu bei steigender Temperatur der umgebenden Atmosphäre und sinkt bei niederer Luftwärme.

5. Hautreize regen die Perspiration an und zwar proportional der Wirkungsdauer und Stärke des stattgehabten Reizes.

6. Die Mehrung oder Minderung der ausgeschiedenen CO_2 dauert in annähernd gleichem Verhältnis fort mit dem Zu- und Abnehmen des perspirierten Wasserdunstes.

7. Bei Katarrh der Respirationsschleimhaut und Behinderung der Atmung ist die Perspiration erhöht.

Bezüglich dieser Sätze ist ad 1 zu bemerken:

Dies ist vor der Hand nur für physiologische Verhältnisse geprüft. Ob es sich unter gewissen pathologischen oder z. B. durch gewisse Arzneimittel veränderten Verhältnissen ebenso verhält, bedarf erst noch der experimentellen Bestätigung.

Ad 3. Ist es auch noch nicht bestimmt nachgewiesen, so liegt immerhin die Annahme sehr nahe, dass die Quantität der Hautausscheidungsprodukte auch unabhängig von der Nahrungsaufnahme mit den ebenfalls von der Nahrungsauf-

nahme unabhängigen periodischen Tagesschwankungen Hand in Hand geht.

Ad 5. Während gewisse Reize zweifellos die Hautperspiration erhöhen, lässt sich doch die Möglichkeit nicht leugnen, dass es auch »Reize« giebt, insbesondere chemische, die imstande sind, die Hautperspiration zu vermindern.

Ad 7. Diesem in dieser Kürze gefassten Satze könnte man nur dann eine Bedeutung beimessen, wenn angegeben wäre, ob die Körpertemperatur auf ihrem normalen Standpunkt stehen blieb oder ob eine Temperatursteigerung, d. h. Fieber, vorhanden war. Im ersteren Falle würde die sehr bedeutende Zunahme der Quantität der Hautausscheidungsprodukte an Kohlensäure und Wasser eine Art Antagonismus zwischen Lungen- und »Hautatmung« darstellen, während im letzteren Falle die Zunahme auf Rechnung der erhöhten Eigenwärme, auf die sich der Körper, unabhängig von der Aussentemperatur, eingestellt hat, zu setzen sein würde.

Während, ausser Scharling,[1]) sämtliche Forscher ihre Hautperspirationsversuche nur an einem beschränkten Teil der menschlichen Körperoberfläche machten, machte Aubert[2]) zusammen mit seinem Assistenten Lange einen Teil seiner Versuche, wenn auch nicht am ganzen Menschen, so doch am grössten Teil desselben, nämlich am ganzen Körper mit Ausnahme des Kopfes. Der zweite Teil der Untersuchungen betraf die Handoberfläche.

Für die ersteren Versuche diente eine Vorrichtung, die sich zusammensetzte aus dem Respirationskasten, dem Ventilationsapparate und den Absorptionsgefässen.

Der Perspirationskasten war von starkem Holz, alle Fugen waren verkittet und ausserdem vorher geleimt. Er war aussen und innen gefirnisst und hatte eine solche Form und Grösse, dass man bequem darin sitzen und kleine Be-

[1]) Regnault und Reiset machten nur Tierversuche.

[2]) Pflüger's Archiv für Physiologie: VI. Band 1872. H. Aubert: »Untersuchungen über die Menge der durch die Haut des Menschen ausgeschiedenen Kohlensäure.«

wegungen machen konnte, dass die Hautoberfläche nirgends, ausser am Gesäss, den Wänden anlag und doch der Luftraum möglichst klein war. Die schräge (obere vordere) Fläche des Kastens fasste eine genau und zwischen Holzrahmen gepresste Platte von schwarzem Kautschuk und desgleichen der Deckel des Kastens. In diese letztere Platte war ein Loch von etwa 8 cm Durchmesser eingebrannt, durch welches der Kopf der Versuchsperson hindurchgestreckt wurde; die Ränder lagen dem Halse vollkommen dicht an, ohne zu würgen. War die Versuchsperson, die einen Blasebalg mitnahm, hierauf in den Kasten gestiegen, so wurde der Deckel fest angedrückt und die Fugen wurden mit Fensterkitt verschmiert. Die durch die Atembewegungen bedingten Volumänderungen wurden durch die Kautschukplatten compensiert.

Die Ventilation war derart, dass kohlensäurefreie Luft hinten oben in den Kasten eintrat und ebensoviel Luft vorne unten zugleich austrat. Das Pumpwerk bestand aus einem Ballon von dickem Kautschuk, [1]) welcher mittelst einer Holzplatte bis zu einem bestimmten Punkte comprimiert wird und sich rasch wieder auf sein natürliches Volumen ausdehnt, also abwechselnd drückt und saugt. Der Ballon mündete mittelst eines T-Rohres in zwei Quecksilberventile, welche der Luft ihre Richtung geben. Aus dem einen Ventil wird die Luft zunächst in einen anderen Kautschukbeutel gedrückt, welcher durch seine Elastizität eine gleichmässige Weiterbewegung der Luft bewirkt; er drückt die Luft durch einen mit starker Aetzkalilösung halbgefüllten Kugelapparat in eine Gasuhr, aus welcher die Luft durch die bereits genannte hintere obere Oeffnung in den Perspirationskasten trat.

Nach dem andern Ventile hin wird die Luft bei jeder Wiedererweiterung des Pumpballons angesogen und, um auch hier das Ansaugen fortdauernd gleichmässig zu erhalten, ist ein grösseres Quecksilberventil eingeschaltet, eine Glasflasche von etwa 10 L. Volumen, in welcher also die Luft immer

[1]) Von Franke zuerst zur künstlichen Respiration angewendet.

verdünnt ist. Alle drei Ventile waren durch Quecksilberbäder über dem Kautschukpropfen luftdicht verschlossen. Die Luft wurde durch die vordere untere Oeffnung aus dem Perspirationskasten gesogen und gieng aus demselben direkt in drei hintereinandergelegte Kugelapparate. Dieselben waren gefüllt mit je 50 cbcm Aetzbarytlösung, welcher etwas durch Alkohol verdünnte Curcumtinktur und, um die Flüssigkeit beweglicher zu machen, fünf Volumprozent Alkohol [1]) zugesetzt war. Die Lösung war so bereitet, dass ungefähr das gleiche Volumen einer Lösung von 4 g frischer, reiner Oxalsäurekrystalle in 1000 cbcm destillierten Wassers zu ihrer Sättigung notwendig war. 1 cbcm Oxalsäurelösung entspricht dann $\frac{4,22}{63}$=0,0013968 g CO_2.

Zur Bestimmung des Kohlensäuregehalts diente die von Franz Schulze [2]) modifizierte Pettenkoffer'sche Methode. Es wird durch dieselbe 1. jede Berührung der zu prüfenden Barytlösung mit der atmosphärischen Luft vermieden, 2. jeder Verlust durch Probetropfen ausgeschlossen und 3. der Eintritt der Endreaktion vorher signalisiert. Man bindet eine dünne Kautschukplatte über einen Glaskolben fest, dessen Luft durch ein an einem Draht befestigtes Kalistückchen ihrer Kohlensäure beraubt worden ist, stösst die eine Spitze des Kugelapparates durch die Kautschukplatte hindurch und lässt die Barytlösung in den Kolben hineinfliessen. Sodann spült man den Kugelapparat mit ein wenig ausgekochtem Wasser nach und schüttet das Spülwasser gleichfalls in den Kolben. Durch dieselbe in der Kautschukplatte gesetzte Oeffnung lässt man solange Oxalsäurelösung zufliessen, bis die braune Barytlösung hellgelb wird, was urplötzlich geschieht, wenn der Sättigungsgrad erreicht ist.

[1]) Grouven, Salzmünder Versuche, p. 251.

[2]) F. Schulze: Ueber quantitative Bestimmung der Kohlensäure zu agrikulturchemischen Versuchszwecken in »Landwirtschaftliche Versuchsstationen« von Nobbe, Bd. XII 1869, p. 1.

Zum Nachfüllen der Barytlösung wurde eine Vorrichtung angewandt, wie sie Grouven [1]) angegeben hat. Eine gleiche Einrichtung war für die Oxalsäurelösung getroffen.

Um zwei Reihen Kugelapparate anbringen zu können, liess Aubert das aus dem Kasten ausführende Rohr T-förmig enden, womit er eine möglichst kurze Unterbrechungsdauer der Ventilation bezweckte, da er die Barytlösung von 30 zu 30 Minuten analysierte bezw. analysieren liess. Zum Ausschalten der einen oder andern Kugelapparatenreihe dienten Klemmen.

So sehr nun die Resultate, die Aubert aus der Bestimmung des Kohlensäuregehalts des Barytwassers erhielt, als der Wirklichkeit entsprechend erschienen, so vergrösserten sich die Werte immerhin bedeutend, wenn berücksichtigt wurde, dass 1. der Kasten bei Beginn des Versuchs nicht frei von Kohlensäure gewesen, 2. am Ende des Versuchs eine grosse Menge Kohlensäure, welche während der zwei Stunden abgeschieden worden ist, in dem Kasten geblieben, und 3. nicht sämtliche perspirierte Kohlensäure von der Barytlösung gebunden worden ist. Es musste also der Wert für 1. abgezogen und der für 2. und 3. hinzugerechnet werden.

Geschah dies, so ergab sich für die sieben Versuche, bei denen 4 mal Aubert und 3 mal Lange die Versuchsperson war, folgende Tabelle:

Versuch.	Endtemp. ^{0} C.	Tageszeit.	mgr CO_2 in zwei Stunden.	gr CO_2 pro die.
1.	29,6	Vm.	245	2,94
2.	30	Nm.	270	3,24
3.	31,3	Nm.	320	3,84
4.	30	Vm.	193	2,31
5.	31,1	Nm.	315	3,78
6.	32	Vm.	392	4,7
7.	33	Nm.	528	6,3
				im Mittel 3,87

[1]) Salzmünder Versuche, p. 249, Taf. 5, Fig. 4.

Unter Hinzurechnung der Perspiration der Haut des Kopfes veranschlagt Aubert auf Grund seines Befundes die von einem erwachsenen Menschen täglich perspirierte Kohlensäure auf 4 g.

Auch bei diesen Versuchen zeigt sich unzweifelhaft, dass die Temperatur der die Haut umgebenden Luft einen sehr grossen Einfluss auf die Quantität der Kohlensäureausscheidung hat. Ob die Tageszeiten einen Einfluss auf die Gasperspiration ausüben, hält Aubert nach seinen Versuchen für ungewiss, wenn auch dieselben eher dafür, als dagegen sprechen.

Im Verhältnis zu der in 24 Stunden durch die Respiration ausgeschiedenen, etwa 900 g betragenden Kohlensäure würde also die Perspiration sehr wenig Kohlensäure liefern, nämlich weniger als $^1/_2$ %.

»Es geht daraus das für Stoffwechselversuche wichtige Resultat hervor, dass es genügt, die respirierte Kohlensäure zu bestimmen, und dass die perspirierte Kohlensäure ohne merklichen Fehler ganz unberücksichtigt gelassen werden kann.«

Die Versuchsmethode, die Aubert an seiner und Lange's Hand zur Untersuchung der Kohlensäureperspiration anwandte, war der oben beschriebenen analog: Die Hand wurde in einen am Handgelenk dicht anschliessenden Kautschukbeutel gesteckt. Durch diesen wurden je eine Stunde lang 1000 bis 1500 cbcm völlig kohlensäurefreier Luft geleitet und die perspirierte Kohlensäure mittelst Barytlösung in Kugelapparaten aufgefangen. Die Versuche, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind, ergaben bedeutende Schwankungen, die nicht allein aus Temperatur- und Tagesschwankungen zu erklären sind.

Tageszeit.	Milligramm Kohlensäure.			
	Aubert.			Lange.
	16. X. 70. Z.-T. 16° C.	10. X. 71. 16° C.	11. X. 71. 17° C.	12. X. 71. 16° C.
8— 9Vm.	1,0	—	—	—
10—11 „	1,2	1,3	0,7	1,5
12— 1 „	0,9	0,7	1,1	1,5
3— 4Nm.	2,1	1,1	—	—
4— 5 „	—	—	1,0	1,1
5— 6 „	2,2	—	—	—
7— 8 „	1,9	—	1,0	1,7
9—10 „	2,2	—	—	—
10—11 „	—	—	1,1	2,1

Zieht man noch folgende fünf zwischen 12—1 Uhr erhaltenen Resultate in Betracht, nämlich für Aubert's Hand an zwei verschiedenen Tagen bei 18° C. Zimmertemperatur je 1,8 mgr, für Lange's Hand bei 16,6° C. Z.-T.: 0,8 mgr, bei 20° C. Z.-T.: 0,9 mgr und bei 18° C. Z.-T.: 1,0 mgr CO_2, so ergiebt sich aus 25 Ergebnissen ein Mittel von 1,34 mgr CO_2. Dies würde für den ganzen Körper, dessen Oberfläche etwa 39 mal so gross wie die der Hand ist [1]), und für 24 Stunden berechnet, nur 1,25 g Kohlensäure machen. Hieraus zieht man wohl nicht mit Unrecht den Schluss, dass die Absonderungsgrösse für Kohlensäure nicht auf allen Stellen der Körperoberfläche die gleiche ist. Dieser Umstand kommt auch bei der Frage in Betracht, ob man berechtigt ist, von einem Körperteil ohne weiteres auf einen andern zu schliessen.

Auf Grund dieser Versuche wird man also, wie gesagt, vor der Hand gut daran thun, den von Aubert und Lange gefundenen Wert von 4 g als den Durchschnittswert der von einem erwachsenen Mann unter physiologischen Verhältnissen, bei normaler Lebensweise und normaler Zimmertemperatur täglich durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäuremenge anzunehmen.

[1]) cf. Funke in Molleschott Untersuchungen IV. 1858, p. 48.

Während seit Milly alle oder wenigstens fast alle Forscher sich darüber einig waren, dass von der tierischen und menschlichen Haut unter normalen Verhältnissen stets Wasser und Kohlensäure ausgeschieden wird, ist von keinem in unwiderleglicher Weise nachgewiesen worden, dass die Haut Sauerstoff aufnimmt, d. h. dass die Haut »atmet«, was ja bei der gewaltigen chemischen Attraktion des Blutes für Sauerstoff nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen ist. — Da nun ein derartiger Nachweis mit den grössten Schwierigkeiten verbunden ist, hat man sich darauf verlegt, die Haut auf ihr Absorptionsvermögen für andere Gase, sowie für Badebestandteile zu prüfen und zwar, wie es schien, mit Glück.

Chaussier, Lebküchner, Nysten, Madden[1]) haben beobachtet, dass Tiere, welche mit geschütztem Kopf in schädliche Gasarten eingetaucht werden, ebenso sicher, obwohl etwas langsamer zu Grunde gehen, als wenn sie diese Gase durch die Lungen einatmeten. Kaninchen sollen in Schwefelwasserstoffgas nach zehn Minuten verendet sein, ebenso ein Hund, dessen Bein in dieses Gas eingetaucht war. Nach Applikation von Chlorgas auf eine Hautpartie beobachtete Wallace Prickeln und Rötung der Haut, Schweiss, Trockenheit des Mundes und Rachens, Salivation und einen Urin, der Pflanzenpigmente zu zerstören vermochte.

Von den älteren Autoren, die Versuche mit wässeriger Jodkalilösung machten, sei nur erwähnt, dass sie bezüglich der Resorption von Jod teils zu negativen, teils zu positiven Resultaten kamen.

Eingehendere Experimente in dieser Frage machten Gerlach, Roehrig, Noelle und Schum. Einige andere mögen hier übergangen werden.

Gerlach stellte seine Versuche an Kaninchen auf folgende Weise an:

---

[1]) Madden: An experim. inquiry into the physiologie of cutaneons absorption. Edinbg. 1838.

Er setzte dieselben mit gebundenen Füssen in ein Cylinderglas, so dass der halbe Kopf bis hinter die Augen aus einer, über das Glas gebundenen Blase frei hervorragte. Damit, dass er nur den halben Kopf hervorragen liess, suchte Gerlach eine Stauung in den Ingularvenen zu verhindern. Das so eingeschlossene Kaninchen wurde in einen Luftzug gestellt, damit das aus dem Glase entweichende Gas fortgeführt und nicht etwa eingeatmet würde. »Um aber dennoch«, fährt Gerlach in seinem Bericht weiter, »bei allen Versuchen sicher zu sein, dass die eintretende Wirkung nicht von dem etwa in die Lungen gelangten Gase herrühre, wurde ein zweites Kaninchen von gleichem Alter gebunden mit der Nase neben der des eingeschlossenen gelegt, so dass von etwa eingeatmeten Gasen herrührende Wirkung notwendig auch bei beiden Kaninchen eintreten musste.«

Es ergaben sich folgende Resultate:

1. Versuch:
   a) Name des Gases: Kohlensäure,
   b) Dauer des Versuchs: fünf Stunden,
   c) Erfolg: keiner.
2. Versuch:
   a) Kohlenoxydgas,
   b) Eine Stunde,
   c) Etwas matt und hinfällig.
   (Beim andern Kaninchen keine Erscheinungen.)
3. Versuch:
   a) Schwefeläther ($^1/_2$ Unze),
   b) Eine Stunde,
   c) Abgestumpftes Gefühl.
   (Das andere Kaninchen frei.)
4. Versuch:
   a) Blausäure,
   b) 20 Minuten,
   c) Tod.
   (Beim andern Kaninchen keine Erscheinungen.)

5. Versuch:
   a) Schwefelwasserstoffgas,
   b) Nicht ganz drei Minuten,
   c) Tod.

(Beim andern Kaninchen keine Erscheinungen.)

Das Gesamtresultat seiner Versuche fasst Gerlach in folgende Formel zusammen:

»Neben den Lungen atmet auch die Haut; bei dem Lungenatmen prävaliert die Inhalation des Sauerstoffs vor der Exhalation der Kohlensäure; bei dem Hautatmen findet das umgekehrte Verhältnis statt; Haut- und Lungenatmen stehen miteinander in Beziehung und stellen zusammen erst den vollständigen Atmungsprozess dar, keines von beiden darf für die Dauer beeinträchtigt werden, wenn Gesundheit fortbestehen soll; Unterdrückung des Lungenatmens, des wichtigsten Teils des gesamten Atmungsprozesses, hat den Erstickungstod sofort zur Folge; anhaltende und gänzliche Unterdrückung des Hautatmens zieht den langsamen Erstickungstod nach sich.«

Was die Methode Gerlach's bei seinen Absorptionsversuchen anbelangt, so war es Roehrig vor allem bedenklich, wie es gelungen sein soll, »über den höckerigen, behaarten Kopf einen vollständig luftdichten Verschluss mit einer wenig elastischen Tierblase herzustellen, welche noch dazu selbst eine tierische Membran darstellt, deren Durchdringlichkeit für Gase, wie für Flüssigkeit vollständig erwiesen ist«. Des Weiteren hält Roehrig eine Vergiftung durch die Anal- und Vaginalschleimhaut für möglich.

Auf das erstere Bedenken ist zu erwidern, dass Roehrig die Thatsache unberücksichtigt lässt, dass Gerlach zur Kontrolle der etwaigen Aufnahme von Gasen durch die Lungenatmung in die nächste Nähe der Nase des Versuchskaninchens die Nase eines andern Kaninchens brachte. Ob dies allerdings eine sichere Kontrolle war, wollen wir dahingestellt sein lassen.

Mehr Berechtigung hat der Verdacht Roehrig's, dass durch Schleimhäute, die mit den Gerlach'schen Versuchsgasen in Berührung kommen, die Vergiftung erfolgt sein könnte; denn sie sind ihrem ganzen histologischen Bau nach hiezu jedenfalls geeigneter, als die äussere Haut.

Bei der Schwierigkeit der nachträglichen Kontrolle derartiger Versuche lässt sich ein Beweis für oder gegen die Richtigkeit derselben nur aus Kontrollexperimenten erbringen. Dieselben müssen angestellt werden unter möglichst strenger Beobachtung der physiologischen Verhältnisse, eine Bedingung, die Gerlach nicht vollständig erfüllt hat.

Dem von Gerlach aufgestellten Satze: »Neben den Lungen atmet auch die Haut« ist hinzuzufügen, dass man bei Annahme einer »Hautatmung« noch einen Schritt weitergehen und diese Funktion auch auf den stets lufthaltigen Darmkanal übertragen muss.

Ueber die Frage, ob der »infolge anhaltender und gänzlicher Unterdrückung des Hautatmens« offenbar eintretende Tod auf langsame Erstickung oder sonst eine Ursache zurückzuführen ist, sind die Akten noch nicht geschlossen.

Um eine eventuelle Absorption von Gasen durch die Schleimhäute zu vermeiden, verschloss Roehrig[1]) »alle natürlichen Oeffnungen des Körpers durch eine Naht und obendrein noch durch einen luftdichten Collodiumverband«. — Sodann untersuchte er die Tiere genau auf Verletzungen der Epidermis und machte die Tracheotomie »mit der Vorsicht, dass die Operationswunde sorgfältig mit einem Collodiumverband verklebt wurde«. Die so präparierten Kaninchen wurden »in aufgebundenem Zustande« in einen luftdicht schliessenden Blechkasten gebracht, in dessen Deckel mit einem doppelt durchbohrten Kork zwei Glasröhrchen eingesetzt waren, von denen die eine bis auf den Boden des Kastens reichte, während sie am äusseren Ende mit einem Gasapparat in Verbindung stand. Die zweite Röhre wurde

[1]) Deutsche Klinik. No. 23. 1872: Roehrig: »Die Physiologie der Hautatmung«, und Roehrig: »Physiologie der Haut«, 1876.

durch einen Gummischlauch mit der Trachealkanüle des Kaninchens verbunden und mündete aussen durch ein Loch im Fensterrahmen ins Freie. »So atmete das im Apparat vollständig versenkte Tier mit den Lungen sehr behaglich die reine atmosphärische Luft von der Strasse«.

Kam die Körperoberfläche der Tiere mit Schwefelwasserstoff in Berührung, so starben sie nach 10—12 Minuten regelmässig »unter Dyspnoe, unter Convulsionen mit erweiterter Pupille, kurz unter den für die Schwefelwasserstoffvergiftung charakteristischen Symptomen«. — »In Leuchtgas, das ungefähr 30% Kohlenoxyd enthielt, starb ein anderes, sehr kräftiges Kaninchen nach 30 Minuten langem Widerstand«. Durch etwa 1 1/2 Unzen Chloroform, das in den Kasten gegossen war, war das Tier nach 1 1/2 Stunden vollständig narkotisiert. In reine, atmosphärische Luft gebracht, starb es nach einer weiteren halben Stunde. — In Kohlensäure verendete das Versuchstier nach 3 Stunden 5 Minuten »mit dem deutlichen Bilde der Kohlensäurevergiftung«. — Von diesem Versuche sagt Roehrig, dass dies ein einfacher Beleg für das Diffusionsgesetz sei, welches auch für die »Hautatmung« Anwendung finde, nemlich, dass die im Blute gelöste Kohlensäure nach der für gewöhnlich sehr wenig mit diesem Gase geschwängerten Atmosphäre abdampft, dass aber die Abgabe in Aufnahme übergeht, sobald der Kohlensäuredruck in dem umgebenden Medium höher, als derselbe im Blute steigt.

Diese Versuche hält Roehrig für eine Bestätigung dessen, dass die Epidermis im trockenen Zustande dem Eindringen von Gasen keinen Widerstand entgegensetze.

Die Versuche bezüglich der Aufnahme von giftigen, vom Wasser absorbierten Gasen im Bade ergaben ebenfalls ein positives Resultat.

Dass in den Roehrig'schen Versuchen die Absorption der Gase wirklich durch die Haut stattgefunden hat, hält Noelle[1]) durchaus nicht für erwiesen, da man doch auch

[1]) H. Noelle: »Untersuchungen über das Absorptionsvermögen der menschlichen Haut für Gase«. Inaug.-Diss. Würzburg 1892.

an eine Absorption durch die Conjunctiva, durch die Schleimhaut des Mundes, des Rachens und der Nase denken müsse. — Hat Roehrig seine Vorsichtsmassregeln nicht auch auf diese Schleimhäute ausgedehnt, so ist dieser Einwand nach dem oben bezüglich des histologischen Baues der Häute Gesagten nicht unberechtigt.

Ein weiteres Bedenken, das sich gegen die Roehrig-schen Versuche erhebt, ist folgendes: War Roehrig imstande, die durch Naht und Tracheotomie gesetzten Wunden mit einem Collodialverband, der bekanntlich in trockenem Zustande sehr brüchig ist, so sicher zu decken, dass er mit Bestimmtheit eine Berührung des Gases mit den verletzten Epidermisstellen ausschliessen konnte, oder hat er nicht vielmehr durch seine Manipulationen für das Eindringen von Gasen erst recht geeignete Zustände geschaffen?

Während die bisher genannten Versuchsreihen sich auf Tierexperimente erstreckten, hat Noelle die menschliche Haut auf ihr Absorptionsvermögen für Gase einer Prüfung unterzogen und zwar sowohl in intaktem, als auch in verletztem Zustande.

Er bediente sich folgender Methode: An eine Extremität wurde ein sich nach vorn verjüngender Mosso'scher Glascylinder luftdicht angelegt und zwar mittelst einer Gummimanschette und ev. noch einer Gummibinde. In die vordere Oeffnung des Glascylinders waren mit einem doppelt durchbohrten, luftdicht schliessenden Gummistöpsel zwei Glasröhren eingesetzt. Die eine längere reichte mit ihrem einen Ende etwa bis zur Mitte des Glascylinders, während an ihrem andern Ende der die Gase zuleitende Gummischlauch angesetzt wurde. Die zweite, kürzere Röhre ragte höchstens 5 cm in den Cylinder hinein; von ihrem äusseren Ende führte ein Gummischlauch durchs Fenster ins Freie.

Unmittelbar vor Beginn des Versuchs musste die Versuchsperson Urin lassen, der aufs genaueste untersucht wurde. Der zum Untersuchen nach dem Versuch nötige Urin wurde unmittelbar vor Abnahme des Glascylinders entleert.

Mit Uebergehung der angewandten chemischen Untersuchungsmethoden seien im folgenden die Versuche mitgeteilt:

I. Versuche mit Jodgas.

1. Versuch:

L. Arm: Eczema rubrum. Urin intakt. Dauer 1 Stunde 20 Minuten. Im Speichel nach 1 Stunde 20 Minuten Jod nachzuweisen. Starke bräunliche Verfärbung der Haut; heftiges Brennen an den eczematösen Stellen, an den intakten keine Symptome.

2. Versuch:

R. Arm: Eczema rubrum. Urin intakt. Dauer 1 Stunde 10 Minuten. Jod im Speichel nach 1 Stunde 10 Minuten, im Urin nach 2 Stunden 10 Minuten. Starkes Brennen der braunen Haut.

3. Versuch:

R. Arm: Oberflächliche Risswunden. Urin intakt. Dauer 1 3/4 Stunden. Jod im Speichel nach 1 3/4 Stunden, im Urin nach 2 1/2 Stunden. Heftige Schmerzen an den verletzten Stellen: Haut in toto braun.

4. Versuch:

L. Arm: Scabies: Kratzeffekte. Urin intakt. Dauer 6 3/4 Stunden. Keine Jodreaction.

5. Versuch:

L. Arm: Haut intakt. Urin intakt. Dauer 1 Stunde. Keine Jodreaction. Die blauvioletten Joddämpfe schlagen sich nach kurzer Zeit als braunes Jod auf dem Arm nieder.

6. Versuch:

L. Arm: Haut intakt. Urin intakt. Dauer 3 Stunden. Keine Jodreaction.

7. Versuch:

R. Arm: Haut intakt. Dauer 2 Stunden. Keine Jodreaction; auch am folgenden Tag nicht. Heftiges Brennen.

8. Versuch:

L. Arm: Haut intakt. Urin intakt. Dauer 2 1/4 Stunden. Keine Jodreaction. Heftiges Brennen.

9. Versuch:

L. Arm: Haut intakt. Urin intakt. Dauer 23 Stunden. Der zuletzt 4 Stunden vor Abnahme des Cylinders gelassene Harn giebt keine Jodreaction, während der 1/2 Stunde nach der Abnahme gelassene nach Zusatz von Acid. nitric. fumans, mit Chloroform ausgeschüttelt, eine schöne rosarote Reaction zeigt. Heftiges Brennen der Haut; dieselbe ist tiefbraun verfärbt; über und an dem Ellbogengelenk ist der Arm stark geschwollen, wohl infolge Venenstauung bei zu starker Anspannung der Gummibinde. Das positive Ergebnis dieses Falles führt Noelle auf die Möglichkeit zurück, dass die Versuchsperson nach Abnahme des Cylinders Jod eingeatmet hat oder dass das niedergeschlagene Jod infolge der langen Einwirkung die Haut so geschädigt hat, dass dieselbe einem Eindringen von Gasen keinen Widerstand mehr entgegensetzen konnte.

10. Versuch:

L. Arm: Haut intakt. Urin intakt. Dauer 31 1/4 Stunden [1]). Keine Jodreaction. Haut intensiv braun verfärbt.

11.—14. Versuch:

Normale Verhältnisse. Versuchsdauer 3 3/4—9 Stunden. Keine Jodreaction.

Aus den angeführten Versuchen glaubt Noelle schliessen zu dürfen:

1) dass Jodgase durch verletzte Haut ziemlich schnell absorbiert werden. Von den 4 Versuchen, die bei verletzter Haut angestellt wurden, ergaben 3 ein positives, 1 ein negatives Resultat. — »Im letzteren Fall,« sagt Noelle, »handelt es sich um einen Scabieskranken. Die Scabieseffloreszenzen aber

[1]) Soll wohl heissen »3 1/4 Stunden«, da Noelle angiebt, dass sein längster Versuch 23 Stunden gedauert hat.

scheinen, so lange keine intensiveren wie Eczeme und Kratzeffekte vorhanden sind, keine hinreichende Schädigung der Haut herbeizuführen.« Dieser Satz ist allerdings nicht verständlich, da bei dem 4. Versuche, um den es sich hier handelt, ausdrücklich bemerkt ist: »L. Arm: Kratzeffekte.«

2) dass Jodgase im allgemeinen von der intakten Haut nicht absorbiert werden: sämtliche 10 diesbezügliche Versuche hatten ein negatives Resultat ergeben.

II. Versuche mit Chloroform.

Diese Versuche, deren Dauer bis 32 1/2 Stunden betrug, wurden so angestellt, dass bei einigen die Chloroformdämpfe in den Glascylinder geleitet wurden, während sie sich bei der der Mehrzahl im Cylinder selbst entwickeln konnten. — Die chemische Untersuchung wurde vermittelst Hoffmanns Isonitril-Reaction ausgeführt, die nach den eigenen Untersuchungen Noelle's den Nachweis von Chloroform noch in einer Verdünnung von 1 : 480000 gestattet.

Auf Grund von 18 Versuchen kommt Noelle zu dem Ergebnis, dass

1) Chloroformdämpfe von defekter Haut in kurzer Zeit (1 1/4—3 Stunden) absorbiert werden: die 5 diesbezüglichen Versuche ergaben sämtlich ein positives Resultat; dass

2) Chloroformgase die intakte Haut selbst bei langer Einwirkung (32 1/2 Stunden) nicht zu durchdringen vermögen: 11 diesbezügliche Versuche ergaben sämtlich ein negatives Resultat.

2 Versuche sind insofern missglückt, als die Haut in direkte Berührung mit dem Chloroform kam, wodurch selbstredend Chloroformeczem der betreffenden Hautpartie entstand. Das Resultat war positiv.

Aus sehr ausführlichen Versuchen erhielt Schumm[1]) folgende Resultate:

[1]) Eduard Schumm: »Experimentelle Beiträge zur Frage des Resorptionsvermögens der menschlichen Haut.« Inaug.-Diss. Würzburg 1892.

Wässrige Jodkalilösung wird von der gesunden Haut aus nicht resorbiert.

Sehr verdünnte (5prozentige) alkoholische Jodkalilösung wird von der gesunden Haut aus ebenfalls nicht resorbiert.

Wässrige Carbolsäurelösung wird von der gesunden Haut aus sehr rasch resorbiert.

Wässrige wie verdünnte alkoholische Lösung von salicylsaurem Natron wird von der gesunden Haut, sowie bei geringen Epidermisverlusten nicht resorbiert.

Wässrige Lösung von Acid. tannic. wird bei gesunder Haut sowie bei geringen Kratzeffekten nicht resorbiert.

Alkoholische Lösung von Salol wird von der gesunden Haut aus nicht resorbiert.

Eine durch kurz vorausgegangene oder gleichzeitige Applikation von Carbol- bezw. Salicylsäure- oder Salollösung bewirkte Aufnahme der diesbezüglichen Stoffe vermag eine Durchgängigkeit für sonst nicht durchgängige Stoffe, wie Jodkali, salicylsaures Natron, nicht herbeizuführen.

Zu meinen die Wasser- und Kohlensäureperspiration betreffenden Versuchen benützte ich folgendermassen zusammengesetzten Apparat, wobei vorauszuschicken ist, dass es sich bei diesen Versuchen nicht darum handelte, Werte zu finden, wie sie den thatsächlichen physiologischen Werten entsprechen, sondern darum, wie sich die Wasser- und Kohlensäureausscheidung unter verschiedenen Bedingungen verhält.

Das Prinzip des Apparates ist, über die zu untersuchende Hautpartie einen Luftstrom zu leiten, der möglichst frei von Kohlensäure und Wasser ist, und die von der Haut ausgeschiedene Wasser- und Kohlensäuremenge in geeigneter Weise zu fixieren, um dieselbe dann durch Wägung bezw. chemische Analyse dem Gewicht nach zu bestimmen.

Um dies alles zu erreichen, wurden zunächst zwecks Absorption des in der atmosphärischen Luft enthaltenen Wassers zwei U-förmige Röhren zum grössten Teil mit Chlorcalcium gefüllt und unter einander durch einen Kautschukschlauch verbunden; mit diesen Röhren communicierte eine dritte,

zwecks Absorption der atmosphärischen Kohlensäure mit Aetzkalk gefüllte, U-förmige Röhre, deren noch freie Oeffnung mit dem zur Aufnahme des Armes bestimmten Blechcylinder vermittelst Glasröhre und Kautschukschlauch verbunden wurde. Der Blechcylinder war bei einem Durchmesser von 12 cm etwa $^2/_3$ m lang, lief an einem Ende kegelförmig aus und hatte ausser der am kegelförmigen Ende für den Arm vorhandenen und mit einer Gummimanschette versehenen Oeffnung noch drei an beiden Enden und in der Mitte angebrachte zapfenförmige Oeffnungen. Die erste wurde in schon mitgeteilter Weise, die zweite zur Aufnahme eines Thermometers und die dritte zur Ableitung der Ventilationsluft verwendet. Diese strich zunächst durch eine U-förmige Röhre, welche Bimssteinstücke und reine concentrierte Schwefelsäure enthielt. Von hier aus kam die Luft in zwei hintereinandergelegte Kugelapparate, von denen ein jeder genau 80 cbcm Aetzbarytlösung enthielt. Diese Apparate waren mit einer Gasuhr verbunden, welche vermittelst eines an die Wasserleitung angeschlossenen Saugapparates in Bewegung gesetzt wurde.

Ueber die Gummimanschette kam noch ein Staniolstreifen und eine Gummibinde.

Zum Titrieren der Barytlösung, die, von Zeit zu Zeit frisch hergestellt, eine derartige Concentration hatte, dass man annehmen konnte, dass sie sämtliche bezügliche Kohlensäure absorbiert und trotzdem eine möglichst genaue Titrierung gestattet, wurde zuerst $^1/_{10}$ Normalsalzsäurelösung und später eine Salzsäurelösung, von der 1 cbcm 0,004236 HCl enthielt, genommen. Der benützte Indicator war eine alkoholische Phenolphthaleinlösung.

Die 6 ersten Versuche, die an dem rechten Arm eines 39 Jahr alten, etwa 1,75 m grossen, schlecht genährten, aber kräftigen Mannes ausgeführt wurden, ergaben das in folgender Tabelle zusammengestellte Resultat:

Tabelle I.

Versuch	Jahres- und Tageszeit	Dauer in Stunden	Temp. im Mittel aussen ° C.	Temp. im Mittel innen ° C.	Durchgezogene Luft in L.	Ausgeschiedenes Wasser in mgr	Ausgeschiedene CO_2 in mgr	Bemerkungen.
1.	21. VII. 1898 Vm.	1	19,25	24,5	6	127	13,552	
2.	21. VII. 1898 Nm.	1	21,5	26	6	80	48,96144	
3.	26. VII. 1898 Vm.	1	20,25	24,25	20	195	22,56144	
4.	26. VII. 1898 Nm.	1	25,5	30	36	70	19,04144	
5.	27. VII. 1898 Nm.	1	21	28,75	16	110	8,99712	
6.	28. VII. 1898 Vm.	1	20,25	26,5	14	78	2,12	Der ganze Arm wurde mit Vaseline eingeschmiert und mit einem trockenen Tuche abgerieben.

Die 5 folgenden Versuche, die bei mittlerer Zimmertemperatur angestellt wurden, betrafen teils meine Vola manus, teils einen Teil meines l. Vorderarms. Sie wurden in der Weise angestellt, dass ein Blechcylinder vermittelst Heftpflasterstreifen auf der betr. Hautstelle fixiert wurde. Der Cylinder war etwa 5 cm hoch und hatte eine Bodenfläche von 40,7 qcm. Oben waren zum Anbringen eines zuleitenden und eines ableitenden Schlauches zwei zapfenförmige Oeffnungen angebracht.

Diese Versuche ergaben folgendes Resultat:

Tabelle II:

Versuch	Name des Körperteils	Jahres- und Tageszeit	Dauer in Stunden	Durchgezogene Luft in L.	Ausgeschiedenes Wasser in mgr	Ausgeschiedene CO_2 in mgr	Bemerkungen.
1.	l. Vola manus	21. XII. 1898 Nm.	1 1/2	24	410	16,64	
2.	l. Vorderarm	23. XII. 1898 Nm.	1 1/2	10	115	21,7088	
3.	„	27. XII. 1898 Nm.	1 1/2	10	120	16,93696	10 Min. vor Beginn des Versuchs nahm ich Pilocarpin. 0,01.
4.	„	28. XII. 1898 Nm.	1	9	70	8,4992	20 Min. vor Beginn des Versuchs nahm ich Atropin. sulfur. 0,001.
5.	„	13. I. 1899 Nm.	1	6	75	2,60096	12 Min. vor Beginn Atropin. sulfur. 0,0015.

3 weitere Versuche wurden derart angestellt, dass ich meinen linken Arm möglichst weit in den oben beschriebenen Blechcylinder hineinsteckte, im übrigen aber in derselben Weise verfahren wurde.

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle III:

Versuch	Jahres- und Tageszeit	Dauer in Stunden	Temp. im Mittel aussen ° C.	Temp. im Mittel innen ° C.	Durchgezogene Luft in L.	Ausgeschiedenes Wasser in mgr	Ausgeschiedene CO_2 in mgr	Bemerkungen.
1.	20. III. 99 Nm. 4.34-5.34	1	22	23	7	120	32,9494	
2.	21. III. 99 Nm. 3.02-5.04	2	19,5	24	14	220	48,7168	In 1 Stunde also: 24,3584 mgr CO_2.
3.	28. III. 99 Vm. 10.53-12.37	$1^3/_4$	23	25,2	12,5	190	61,056	In 1 Stunde also: 34,889 mgr CO_2.

Nachdem nunmehr mehrere Versuche am Menschen gemacht waren, war es interessant, zu erfahren, wie sich diese Verhältnisse bei einem Tier gestalten, von dem angenommen wird, dass es keine Schweiss-, sondern nur Talgdrüsen besitzt, so dass es nicht zu »schwitzen« vermag. Zu diesem Zwecke wurde ein fetter Hammel gewählt. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt:

Der Rücken eines Hammels wurde in seiner Mitte möglichst vorsichtig rasiert. Da geringe Verletzungen nicht vermieden werden konnten, so wurde mit den Versuchen erst nach zwei Tagen begonnen. Alsdann wurde der Kreis, auf den die unten noch näher zu beschreibende Blechschale aufgesetzt wurde, zwecks Herstellung eines möglichst dichten Verschlusses nochmals rasiert.

Nun wurde auf die rasierte Stelle eine Blechschale aufgesetzt, welche eine Bodenfläche von 71 qcm und zur Zu- und Ableitung der Luft je eine zapfenförmige Oeffnung hatte. Der Rand der Schale wurde mit Heftpflaster ringsum befestigt und über dieses wurde noch eine dicke Schicht von Wachs geschmiert.

Wie bei den bisherigen Versuchen, so wurde auch hier über die Untersuchungsfläche Luft geleitet, die vorher wasser- und kohlensäurefrei gemacht worden war.

Der erste Versuch wurde im Zimmer bei einer Temperatur von 21,5° C., der zweite im Freien bei einer Temperatur von 16° C. vorgenommen.

Hinter das Versuchsobjekt wurde in diesen beiden Versuchen eine Schwefelsäureröhre, sowie eine Kugelröhre gelegt, die 80 cbcm Barytlösung enthielt und nach einer Stunde durch eine frische ersetzt wurde.

Die Versuche ergaben:

Tabelle IV:

Versuch	Jahres- und Tageszeit	Dauer in Stunden	Temp. aussen ° C.	Durchgezogene Luft in L	Ausgeschiedenes Wasser in mgr	Ausgeschiedene CO_2 in mgr	Bemerkungen.
1.	22. VI. 99 Nm. 3.43—5.43	1	21,5	18	400	11,026	zus. 16,986
		1				5,96	
2.	23. VI. 99 Nm. 3.05—5.05	1	16	15	423	11,776	zus. 23,8914
		1		16		12,1154	

Die 3 letzten Versuche, die im Freien, aber ohne Berücksichtigung des Wassers gemacht wurden, wurden derartig angestellt, dass die zugeführte Luft weder wasser- noch kohlensäurefrei gemacht wurde; vielmehr wurde die vom Versuchstier ausgeschiedene Kohlensäuremenge so zu eruieren gesucht, dass durch ein zweites Röhrensystem die gleiche Menge Luft geleitet wurde. Dasselbe bestand aus einer Schwefelsäureröhre und zwei Kugelröhren, die je 80 cbcm Barytlösung enthielten.

Aus der Veränderung des Inhalts der Kugelröhren liess sich der Gehalt der zugeleiteten Luft an Kohlensäure bestimmen, während sich aus dem hinter das Versuchsobjekt

gelegten Röhren die Ausscheidungsmenge desselben finden liess, wenn man das in der Zweigleitung Gefundene in Anrechnung brachte, bezw. davon abzog.

Im ersten Versuch ergaben die beiden Barytröhren der Zweigleitung einen Kohlensäuregehalt von 14,3 mgr, im zweiten von 9,7978 mgr, im dritten von 24,244 mgr. Hieraus berechnet sich die vom Hammel ausgeschiedene Kohlensäuremenge folgendermassen:

Tabelle V:

Versuch	Jahres- und Tageszeit	Dauer in Stunden	Tem. aussen ° C.	Durchgezogene Luft in L.	Ausgeschiedene CO_2 in mgr
1.	26. VI. 99 Nm. 4.05—5.15	$1^1/_6$	18	10	12,514
2.	27. VI. 99 Nm. 4.35—5.45	$1^1/_6$	16	14	4,7372
3.	28. VI. 99 Nm. 3.51 – 4.56	$1^1/_{12}$	19,5	15	25,6218

Betrachten wir nun die Tabellen der Reihe nach und fassen die Ergebnisse in thunlichster Kürze zusammen, so ergiebt sich für Tabelle I folgendes:

Der Mensch scheidet in wechselnder Menge Kohlensäure aus, ohne dass sich ein Wechselverhältnis mit der ausgeschiedenen Wassermenge nachweisen liesse. Mit zunehmender Temperatur steigt bei sonst gleichen Verhältnissen die Kohlensäuremenge, es findet aber selbst bei höherer Temperatur eine verhältnismässige Verminderung statt, wenn der Luftzug ein wesentlich stärkerer ist. Es ist jedoch hiebei zu bemerken, dass sich dies nicht als durchweg zutreffend erwiesen hat und sich daher ein sicheres Urteil nicht fällen lässt.

Ist die Körperoberfläche künstlich mit einer Fettschicht umgeben, so ist die Kohlensäureausscheidung wesentlich geringer, ebenso die Wasserausscheidung, was als gleichbedeutend mit einem Antagonismus zwischen Schweiss und Talg angesehen werden kann.

Die Tabelle II ergiebt in den beiden ersten Versuchen, dass die Kohlensäureausscheidung grösser ist bei geringerer Luftzufuhr, während die Wasserausscheidung geringer ist, wobei allerdings nicht unerwähnt bleiben darf, dass es sich im ersten Fall um die Hohlhand, im zweiten Fall um den Unterarm handelte. Während sich ein Einfluss des Pilocarpins nicht erwiesen hat, hatte Atropin eine Herabsetzung der Kohlensäureausscheidung zur Folge.

Die Tabelle III ergiebt eine Schwankung von rund 24 bis rund 34 mgr Kohlensäure. Macht man den Versuch, aus dieser Tabelle die tägliche Menge der abgegebenen Kohlensäure des ganzen Körpers zu berechnen — den Arm als den 17. Teil angenommen —, so ergeben sich rund 12,5 gr, während sich die Wasserausscheidung auf rund 44,5 gr stellen würde.

Die Tabelle IV ergiebt, dass der Hammel erhebliche Mengen von Kohlensäure und Wasser ausscheidet.

Weitere Schlüsse zu ziehen, dürfte bei der kleinen Anzahl der Versuche nicht statthaft sein.

Die Tabelle V ergiebt eine sichere Bestätigung dessen, dass der Hammel ebenso, wie der Mensch, Kohlensäure durch die Haut ausscheidet, ohne dass sich jedoch auf Grund dieser Versuche entscheiden liesse, wer von beiden mehr Kohlensäure ausscheidet, oder ob die Differenzen beim Hammel denen beim Menschen entsprechend sind.

Was nun die Frage anlangt, woher die ausgeschiedene Kohlensäure kommt, ob sie als normaler Bestandteil des Schweisses und des Talges anzusehen ist, also mit diesen Hand in Hand gehen müsste, oder ob sie ganz oder teilweise unabhängig von diesen ausgeschieden wird, dürfte es am besten sein, einen kurzen Blick auf den histologischen Bau

der Haut zu werfen. Die oberste Hautschicht ist durchbrochen von den Ausführungsgängen der Schweiss- und Talgdrüsen. Im übrigen besteht die Epidermis aus einem festen Gewebe von Epidermiszellen, von dem wir annehmen müssen, dass es für Gase undurchgängig ist, wenn wir nachgewiesen haben, dass in der Richtung von aussen nach innen ein Gaswechsel auch durch die Poren nicht stattfindet.

Haben wir dies aber, so werden wir einerseits darauf hingeführt, dass die Kohlensäure auf dem Wege der vorhandenen Ausführungsgänge entweicht und andererseits darauf, dass die Kohlensäure an die Sekrete gebunden ausgeschieden wird, indem eine nur in einer Richtung stattfindende Gasdiffusion nicht angenommen werden kann.

Waren bis zum Jahre 1892 sämtliche bekannt gewordenen Untersuchungen über die Absorptionsfähigkeit der Haut für Gase in positivem Sinne ausgefallen und ging daher im Allgemeinen die Ansicht dahin, dass die Haut Gase geradezu leicht nach innen und aussen durchlasse, so konnten doch nicht alle Zweifel an der Richtigkeit dieser Theorie verstummen und in der That erhielten dieselben durch Noelle's Untersuchungen eine bedeutsame Stütze, ja man gerät in Versuchung, allein auf Grund der Noelle'schen Resultate zu behaupten, dass die Epidermis in normalem Zustand für Gase, die nicht auf irgend eine Weise korrodierend wirken, undurchlässig ist, sind doch in diesem Falle negative Resultate entschieden beweisender, als positive.

Meine diesbezüglichen Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt:

In einen Blechkasten, der aus zwei ineinanderschiebbaren Hälften bestand und so geformt war, dass ein Kaninchen bequem darin Platz hatte, während der Kopf und die Vorderläufe zum Teil heraussahen, mündeten hinten durch einen Kork zwei Glasröhren. Die eine reichte bis zum Vorderteil des Kaninchens, während die andere nur etwa 3 cm in den Kasten hineinreichte. Die erstere stellt das Zuleitungs-, die letztere das Ableitungsrohr dar.

Der Kopf, der zwischen beiden Vorderläufen ruhte, wurde zunächst durch Heftpflasterstreifen fixiert. Die Zwischenräume wurden mit Watte ausgestopft und darüber wurde sorgfältig ein Stärkeverband angelegt. Ueber den Kopf des Kaninchens wurde ein Pappendeckel geschoben, der in der Mitte eine möglichst enge Oeffnung hatte. Das Ableitungsrohr mündete mehrere Meter von dem Kasten entfernt.

Die Versuche wurden im Freien bei geeignetem Luftzug gemacht. Ausserdem wurde dem Kaninchen stets frische Luft zugefächelt.

Es ergab sich, dass das Kaninchen keinen Schaden nahm, wenn es in einem Falle 50 Minuten, in einem andern Falle 30 Minuten in reinem Schwefelwasserstoff war, ebenso nicht, wenn es 1 Stunde in Leuchtgas war, das etwa 8 % Kohlenoxyd enthielt.

Diese Versuche dürften unzweifelhalt das Resultat Noelle's bestätigen, dass die Epidermis in normalem Zustande für Gase undurchlässig ist; das heisst soviel: die Epidermis stellt ein solch dichtes Gewebe dar, dass eine Gasdiffusion durch dasselbe in der Richtung von aussen nach innen nicht stattfinden kann. Wenn dies von verschiedenen Gasen erwiesen ist, so berechtigt nichts zu der Annahme, dass sich dies bei Sauerstoff etwa anders verhält.

Solange nun gegenteilige Gründe sich nicht finden, ist man nach dem oben Gesagten zu der Annahme berechtigt, dass eine von Schweiss und Talg unabhängige Kohlensäureausscheidung nicht stattfindet und wir daher die Kohlensäureausscheidung nicht als eine Funktion der Haut, sondern die ausgeschiedene Kohlensäure nur als einen Bestandteil des Schweisses und des Hauttalges ansehen müssen, von einer »Hautatmung« also nicht gesprochen werden kann.

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr Kunkel für die gütige Ueberweisung der Arbeit und für seinen Rat, sowie Herrn Dr Fessel für seine freundliche Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen.